【研究資料】

バスケットボールのフリースローにおける シュート技術と方略に関する研究

濱口祐實[1)]　前田正登[2)]

Study on basketball free throw shooting technique and strategy

Hiromi Hamaguchi[1)], Masato Maeda[2)]

Abstract

The purpose of this study was to investigate basketball free throw shooting technique (release position, initial velocity, and shooting angle) and the post-release trajectory of the ball as well as to clarify shooting strategy. The participants were 5 male players belonging to a university men's basketball club (height: 1.82 ± 0.06 m; weight: 73.6 ± 4.6 kg; age: 21.4 ± 0.8 years; basketball experiences: 10.4 ± 2.1 years). The participants were instructed to aim directly at the ring and performed each 100 free throws. The ball trajectories were recorded by three high-speed video cameras (200 fps). The Three-dimensional coordinates of the ball position were measured, and the shooting technique, the height of the ball trajectory at its peak, and the position of the ball over the ring were analyzed. The results were as follows: 1) the standard deviation of the position of the ball when released by each participant was extremely small (<0.04m), meaning the release position was almost identical for each participant; 2) there was a cooperative relationship in a successful attempt between the initial velocity and the shooting angle for each participant; 3) the shooting angle affected the height of the ball trajectory at its peak that relates to the accuracy of the shooting; and 4) the ball trajectories at their approximate peaks were constant or variable in the vertical direction depending on the participant. These results suggested that the ball release position was fixed for each participant and that the shooting angle is a more important factor in the basketball free throw shooting.

Key words：free throw shot，shooting technique，trajectory，shooting strategy
キーワード：フリースロー，シュート技術，軌道，シュート方略

Ⅰ．緒言

バスケットボールのフリースローシュートは，ディフェンスに妨害されることなく試合時間が停止した状態で得点することができ，「全得点のうち１割以上」[1)]と言われることもあるほど，試合の勝敗を大きく左右するプレー[2)]である．そのため，フリースローシュートの重要性が多くの指導書によって指摘され[3) 4)]，多くの研究がなされている．

フリースローシュートをはじめとするシュートにお

１）神戸大学大学院人間発達環境学研究科
Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University
２）神戸大学
Kobe University

いて，ボールの到達位置および飛翔軌道は，空気抵抗を考慮しなければ，投射条件（リリース位置，投射角度，初速度）によって決まる．したがって，シュートを成功させるためには，放たれたボールがリングの中心に向かって落下していく軌道になるように，各投射条件を調節しつつボールをリリースするシュート技術が求められるが，そのような投射条件の組み合わせは無数に存在し得る．Latash and Zatsiorsky[5]によれば，「運動結果のバラつきを小さくし，正確性を高めるための方略」は２種類あり，ひとつは，シュートの際の投射条件は全て同一にして，投射後のボール軌道も同じになるようにして目標とするターゲットに到達させる「再現的方略」で，もうひとつは，毎回の投射条件が同一にならず投射後のボールの軌道も異なるものの，いずれのシュートも目標とするターゲットには到達するようにそれぞれの投射条件を調節する「協調的方略」であるという．２種類の方略はいずれであってもシュートを決めることは可能であるとされるが，実際に，選手がフリースローシュートを行う際に，どのような投射条件でボールが投射され，その後のボール軌道がどのようになっているのかは明らかになっていない．

バスケットボールのシュートにおけるボール運動に関する先行研究には，投射条件に着目したものとシュートの正確性に関するものが多い．投射条件についての先行研究は，ボールの投射条件のみに着目し各条件がシュートの正確性に及ぼす影響を検討したもの[6)7)8)9)]や，投射条件における熟練者と未熟練者の比較によるもの[6)10)]が多く，個々の選手における投射条件間の関係や，投射後のボール軌道も含めたフリースローシュートを成功させるための方略という観点から検討されたものはない．また，シュートの正確性については，投射されたボールの到達位置に着目した研究がいくつかみられ[6)11)12)]，元安ほか[13)]は，パフォーマンスレベル（競技者レベル）が高いほどフリースローシュートの成功率は高く，投射後のボールの到達位置は被験者からみて前後成分に比べて左右成分のバラつきが小さいことを明らかにし，パフォーマンスレベルに応じたコーチングが必要であるとしている．しかしボール到達位置は，ある投射条件でボールが放たれた結果その位置にまでボールが到達したということであり，投射条件が同一である場合はもちろん，それらが異なる場合であっても到達位置が同一となる可能性があり，ボールの到達位置のみを検討してもフリースローのシュート方略を検討することに繋がり難い．バスケットボールのフリースローでは目標物であるゴールの位置はもちろんのこと，シュートを行う位置も定まっていることから，シュート方略を検討するにはボール投射時の投射条件だけでなく，投射後のゴールに至るまでのボール軌道およびボールの最高到達高も加えて検討することが適当であると考えられる．

本研究では，バスケットボールフリースローシュートの投射条件（リリース位置，初速度，投射角度），および投射された後のボール軌道を分析し，フリースローシュートにおける投射条件の方略を明らかにすることを目的とした．

Ⅱ．方法

１．被験者

被験者は某リーグに加盟する大学男子バスケットボール部に所属する選手５名とした．身長，体重，年齢，およびバスケットボールの経験年数をポジションとともに Table 1 に示す．なお，被験者全員が利き手は右であった．被験者には，予め，本研究および実験に関する説明を行い，実験に参加することの同意を得てから実施した．

Table 1　被験者

Subject	Height (m)	Weight (kg)	Age (years)	Career (years)	Position
A	1.85	78	22	12	Small forward
B	1.75	66	22	12	Shooting guard
C	1.75	71	21	9	Point guard
D	1.83	78	22	12	Power forward
E	1.91	75	20	7	Center
mean	1.82	73.6	21.4	10.4	
SD	0.06	4.6	0.8	2.1	

2．実験方法

（1）実験試技

実験に使用したボールは，国際バスケットボール連盟公認の12面体バスケットボール７号球であった．

実験試技は，フリースローライン（リングの中心までの距離は4.225m）の後方からのシュート25本を４セット，計100本とし，リングを直接狙うように指示した．被験者には，試技を行う前に十分なウォーミングアップとシュート練習を30分程度行わせた．試技を行う際は，実際のゲームにおけるフリースローシュートを被験者に想定させるために，１本の試技ごとに60秒程度の間隔をおき，機械的に試技を繰り返すことがないように行わせた．また，試技の失敗や成功による心理的影響を受けないように配慮するとともに，セット間には疲労等による身体的影響を受けないように十分な休憩を取らせた．

（2）撮影方法

実験構成をFig.1に示す．各試技の撮影には，同期した３台の高速度ビデオカメラ（GigE Vision Camera, DKH社）を用いた．１台の高速度ビデオカメラで被験者の右後方から撮影し，残り２台で被験者とボールの軌道全体が撮影できるように側方から撮影した．撮影は，シュートを行うために被験者がボールを持って構えた時点から，投射後のボールがリングに触れる，もしくは，リングを通過することが確認できる時点までとした．３台の高速度ビデオカメラの撮影レートは200コマ／秒，シャッタースピードは１/300秒とした．キャリブレーションには，分析対象のエリアを網羅するように105箇所に設置したコントロールポイントを写しこんだ映像を用いた．キャリブレーションの結果，本測定の誤差は測定範囲に対して0.5％程度以下であり，十分に小さい値であった．

座標系については，フリースローラインの中央の床面を原点とし，被験者から見て右手方向にX軸，リングの方向にY軸，鉛直上向きにZ軸となるように設定した．

3．分析方法

（1）分析の手続き

３台の高速度ビデオカメラによって撮影された各試技の映像を基に，３次元動作分析ソフトウェア（Frame-DIAS Ⅳ，DKH社）を用いて投げ出されるボールの中心をデジタイズし，ボールの３次元座標の時系列データを得た．デジタイズを行った区間は，被験者がボールを持って構えた時点からボールがリングに触れる，もしくは，通過するまでとした．

各試技について，ボールのX座標，Y座標，およびZ座標の各時系列データに最小二乗法による多項式近似をそれぞれ適用し，得られた３つの多項式をボールの位置座標の時間変化とした．多項式近似を適用する範囲は，ボールが手から離れる瞬間の次のコマからリングに触れる，もしくは，リングを通過する一つ前のコマまでとし，物理的な接触による多項式近似への影響を排除した．

Table 2に，多項式近似に適用した次数と多項式近似によって得られた計算値と撮影された実測値との偏差平方和を示す．Table 2より，Z座標の時間変化は３次以降，X座標およびY座標の時間変化は２次以降，次数を上げても値が極端に小さくなることがなかった．したがって，本研究では，Z座標の時系列データにお

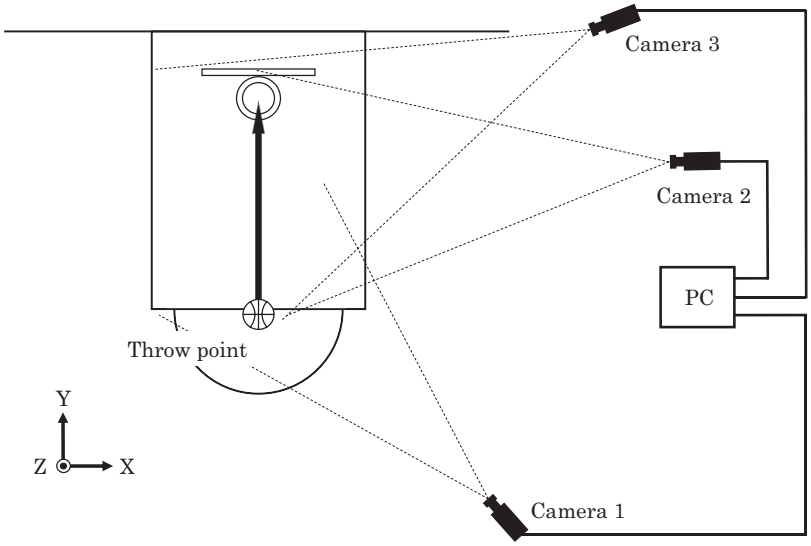

Fig. 1　実験構成

Table 2　計算値と実測値の偏差平方和

	order	X-axis	Y-axis	Z-axis
Subj.A (95th attempt)	2 nd	0. 073	0. 005	0. 010
	3 rd	0. 072	0. 005	0. 008
	4 th	0. 071	0. 005	0. 008
	5 th	0. 070	0. 004	0. 007
Subj.C (86th attempt)	2 nd	0. 156	0. 008	0. 022
	3 rd	0. 156	0. 008	0. 018
	4 th	0. 151	0. 008	0. 014
	5 th	0. 150	0. 007	0. 014

（単位：m）

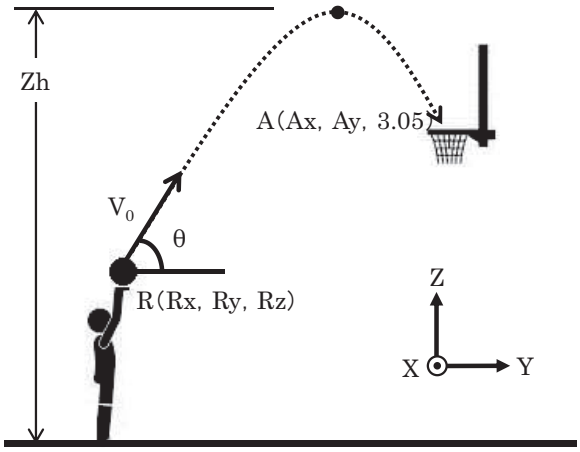

Fig. 2　分析項目

いては３次，Ｘ座標およびＹ座標の時系列データには２次の多項式近似を適用するものとした．

（２）分析項目

本研究では，以下の６項目を分析項目とし，すべての試技についてこれらを求めた（Fig. 2 参照）．

①　ボールのリリース位置

ボールが手から離れる瞬間の画像からボール中心の座標を求め，ボールのリリース位置Ｒ（Rx, Ry, Rz）とした．

②　ボールの初速度

ボールの３次元位置座標の時系列データに適用した各近似式を時間微分し，リリース時（t ＝ 0）のボールの速度 Vx，Vy および Vz を求め，これらの合ベクトルの大きさをボール初速度 V_0 とした．

③　ボールの投射角度

ボールの初速度と同様にして，ボールリリース時（t ＝ 0）の速度 Vx，Vy および Vz を求め，XY 平面，YZ 平面および XZ 平面それぞれについての角度 θxy，θyz および θxz を算出した．その上で，本研究では θyz をボールの投射角度 θ とした．

④　ボールの到達位置

ボールの位置座標の時系列データに適用した近似式から，落下中のボールのＺ座標がリングの高さ（床面から3. 05m の高さ）となった時点を求め，その時点の座標をボール到達位置Ａ（Ax, Ay, 3. 05）とした．

⑤　ボールの最高到達高

ボールの位置座標の時系列データに適用した近似式から，ボールのＺ座標が最大になった時点のボールのＺ座標をボールの最高到達高 Zh とした．

⑥　ボールが最高到達高に達するまでの時間

ボールリリース時（t ＝ 0）からボールが最高到達高に達するまでの時間 Ht を求めた．

４．統計処理

ボール到達位置における前後方向と左右方向のバラつきの差の検定には等分散性の検定を用いた．各投射条件における平均値，あるいは，最高到達高の平均値についての被験者間の差の検定には，一元配置分散分析を用い，Scheffe の方法により検定した．各被験者における初速度と投射角度の関係，最高到達高や最高到達高に達するまでの時間と初速度や投射角度との関係については，ピアソンの積率相関係数を算出し，無相関検定によって有意性を検定した．

なお，本研究における統計処理の有意水準は５％未満とした．

Ⅲ．結果

１．シュート成功率とボールの到達位置

本実験における各被験者のフリースローシュートの成功率を Table 3 に示す．全被験者のフリースローシュートの成功率は80. 4±3. 7％であった．また，各被験者のボール到達位置を平均値および標準偏差として Table 4 に示す．Subj.A は全試技の平均値がリングの中心位置の座標とほぼ同値であったが，他の被験者では，左右方向については Subj.B と Subj.E の Ax が0. 05m でやや右にボールが到達していた．前後方

Table 3　本実験におけるシュート成功率

Subject	Success rate（%）
A	86. 0
B	78. 0
C	81. 0
D	75. 0
E	82. 0
mean	80. 4±3. 7

Table 4　各被験者におけるボールの到達座標

Subject	Ax（m）	Ay（m）
A	0.00±0.05	4.23±0.08
B	0.05±0.08	4.20±0.11
C	−0.02±0.08	4.19±0.10
D	−0.01±0.08	4.28±0.09
E	0.05±0.07	4.21±0.08
Center of Ring	0	4.225

向については Subj.D の Ay が4.28m でリングの中心よりバックボード側に到達しており，Subj.B および Subj.C，Subj.E ではやや手前側に到達していた．また，Subj.A，Subj.B，Subj.C，Subj.D においては Ax の標準偏差よりも Ay の標準偏差の方が有意に大きいことが認められ，Subj.E に関しても有意ではなかったものの Ay の標準偏差が大きい傾向を示し（Subj.A：$p<0.01$，Subj.B，Subj.C，Subj.D：$p<0.05$，Subj.E：$p=0.063$），いずれの被験者においても左右方向よりも前後方向のバラつきが大きかった．

2．各投射条件

全被験者の X-Y 平面におけるボールのリリース位置，および Y-Z 平面におけるボールのリリース位置を Fig. 3 a，Fig. 3 b にそれぞれ示す．また，各投射条件における平均値および標準偏差を Table 5 に示す．Fig. 3 a および Fig. 3 b のように，被験者によってリリース位置の分布は異なるが，Table 5 の Rx，Ry および Rz の標準偏差をみると，いずれの被験者においても0.04m 以下の極めて小さい値となっていることがわかる．また，各被験者とも，試技の成功失敗にかかわらずリリース位置は被験者ごとに凝集していた．

初速度と投射角度の変動係数を被験者ごとにして Table 6 に示す．全ての被験者において投射角度の変動係数は初速度の変動係数よりも大きかった．

3．最高到達高と最高到達高に達するまでの時間

投射されたボールの最高到達高について，各被験者における平均値と標準偏差を Fig. 4 に示す．ボールの最高到達高は，Subj.B と Subj.C との間，および Subj.D と Subj.E との間以外で有意な差が認められた．

ボールの最高到達高およびその最高到達高に達する

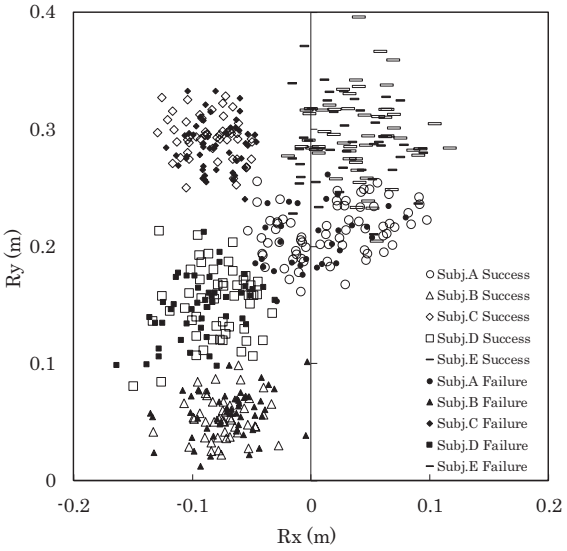

Fig. 3 a　被験者ごとの全試技におけるリリース位置（X-Y 平面）

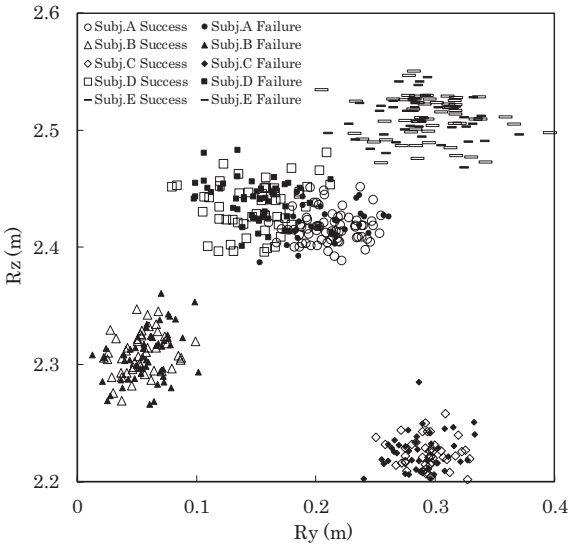

Fig. 3 b　被験者ごとの全試技におけるリリース位置（Y-Z 平面）

Table 5　各被験者における投射条件

Subject	V_0（m/s）	θ（deg.）	Rx（m）	Ry（m）	Rz（m）
A	6.89±0.11	49.64±1.16	0.08±0.04	0.22±0.02	2.46±0.01
B	7.16±0.17	53.75±1.60	0.00±0.02	0.06±0.02	2.31±0.02
C	7.15±0.14	56.72±1.31	−0.01±0.01	0.30±0.03	2.23±0.03
D	6.88±0.12	50.50±1.60	−0.02±0.02	0.15±0.03	2.44±0.02
E	6.80±0.13	51.91±1.55	0.04±0.03	0.29±0.03	2.51±0.02

Table 6　初速度および投射角度の被験者ごとの変動係数

Subject	V_0	θ
A	1.59	2.33
B	2.40	2.97
C	1.92	2.31
D	1.76	3.18
E	1.89	2.98

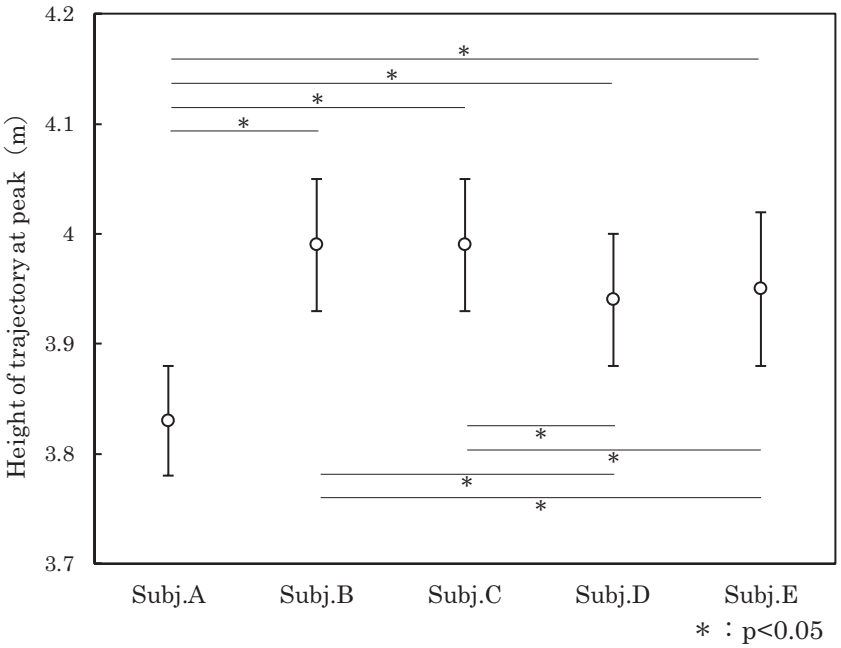

Fig. 4　各被験者における投射後のボールの最高到達高

Table 7　ボールの最高到達高および最高到達高に達するまでの時間と初速度および投射角度との相関係数

Subject	Zh		Ht	
	V_0	θ	V_0	θ
A	0. 12	0. 70**	0. 17	0. 70**
B	0. 26**	0. 65**	0. 49**	0. 73**
C	0. 18	0. 68**	0. 36**	0. 66**
D	0. 07	0. 71**	0. 21*	0. 75**
E	0. 52**	0. 80**	0. 58**	0. 82**

*：p<0. 05,　**：p<0. 01

までの時間と初速度および投射角度との相関係数をTable 7 に示す．ボールの最高到達高および最高到達高に達するまでの時間と投射角度との間には全ての被験者でそれぞれ有意な相関関係が認められたが，初速度との間においては，ボールの最高到達高は Subj.B と Subj.E に，最高到達高に達するまでの時間については Subj.B，Subj.C，Subj.D，Subj.E において有意な相関関係が認められ，Subj.E 以外の被験者ではそれらの相関係数はやや低い値となっていた．

４．初速度と投射角度の関係および投射後のボールの軌道

全被験者における初速度と投射角度の関係を Fig. 5 に示す．いずれの被験者においても成功試技では有意な相関関係が認められた（Subj.A：r＝0. 43, p＜0. 01；Subj.B：r＝0. 54, p＜0. 01；Subj.C：r＝0. 51, p＜0. 01；Subj.D：r＝0. 48, p＜0. 01；Subj.E：r＝0. 79, p＜0. 01）．また，失敗試技に関しても Subj.B（r＝0. 51, p＜0. 01），Subj.C（r＝0. 50, p＜0. 01）および Subj.E（r＝0. 60, p＜0. 01）において有意な相関関係が認められたが，Subj.A および Subj.D では有意な関係が認められなかった．

Subj.A と Subj.E の Y-Z 平面におけるボール軌道の例を Fig. 6 にそれぞれ示す．図より投射直後よりも最高到達位置周辺の方がバラつき，また，Subj.A に比べて Subj.E のボール軌道の方がバラツキは大きかった．

Ⅳ．考察

１．フリースローシュートにおける投射条件の再現性

Table 3 のように，被験者間でシュート成功率に有意な差はなく，本研究における被験者のシュート成功率の平均値は，大学バスケットボール選手におけるフリースローシュートの標準的な値[14) 15) 16)] を超えていることから，本研究の被験者はいずれもごく普通の大学

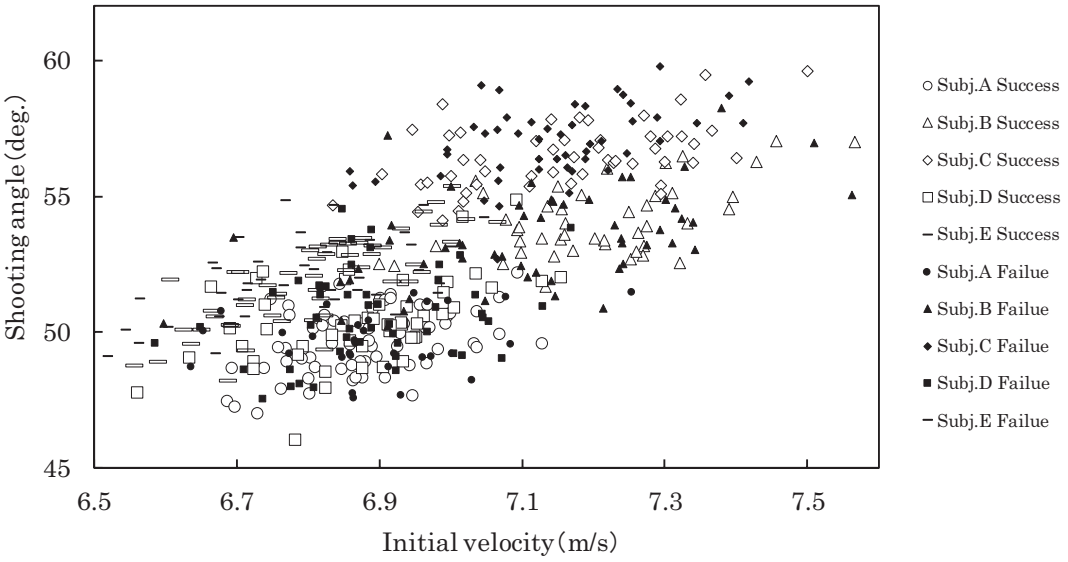

Fig. 5　各被験者における初速度と投射角度の関係

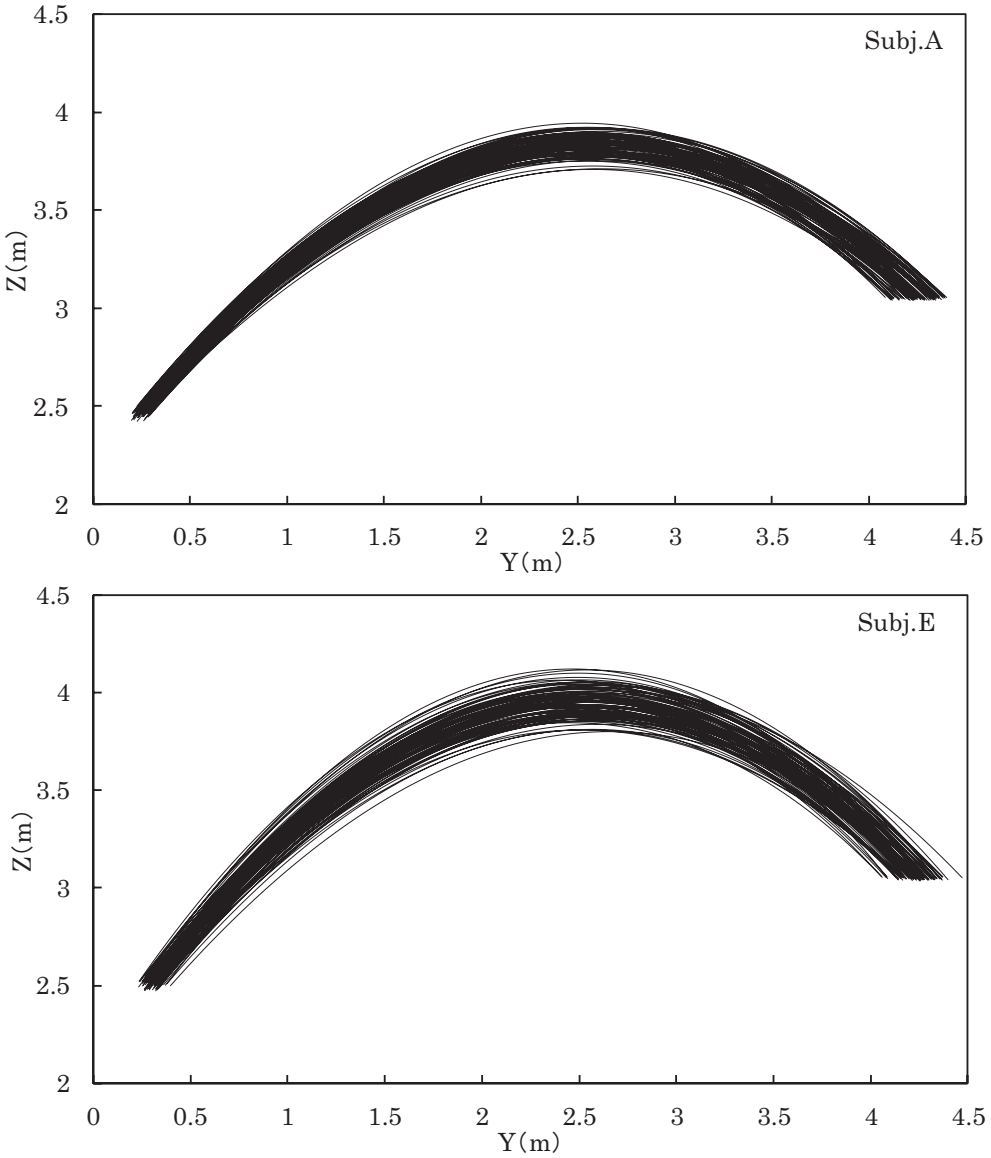

Fig. 6　Subj.A および Subj.E における全試技についてのボール軌道

バスケットボール選手であったと言える．

また，ボールをリリースした後のボール到達座標は，等分散性の検定の結果，いずれの被験者においても被験者の左右方向に比べて，被験者の前後方向のバラつきが大きかった．元安ほか[13]はフリースローシュートにおけるボールの到達位置を検討し，10年以上の競技経験がある競技レベルが比較的高い経験者では，ボールの到達位置において前後成分よりも左右成分の方がバラつきは小さかったことを報告している．本研究のボール到達位置についての結果は元安ほか[13]の報告と一致するものであり，フリースローシュートにおいては被験者の前後方向よりも左右方向へのシュートミスの方が起きる可能性が低いと考えられる．したがって，本研究においては，ボールの投射条件および投射後のボールの挙動を被験者の矢状面内の事象とみなして検討する．

Fig. 3 a および Fig. 3 b のように，フリースローシュートにおけるボールのリリース位置は被験者ごとに異なっていたものの，ほとんどの被験者が前後，左右，上下それぞれ10cm 程度の範囲内でボールをリリースしており，各被験者のリリース位置の標準偏差は小さく（Table 5），リリース位置は被験者ごとでほぼ一定していた．岩本ほか[6]や塩見ほか[7]は，バスケットボールのフリースローにおいては，ボールのリリース位置は再現性が高く固定されていると述べており，木村ほか[17]は，対象が野球ボールの投運動ではあるが，命中率が高い者ほどリリース位置は再現性が高いことを述べている．本研究の結果で，被験者ごとにボールリリース位置の分布が異なっていたのは被験者の身体的特性やシュートフォームの違いによるものと推察されるが，いずれの被験者もシュートの成功率が比較的高く（80. 4±3. 7%：Table 3），ボールのリリース位置 Rx，Ry，Rz のバラつきが小さかった（0. 01～0. 04m：Table 5）ことはこれらの先行研究の結果と合致する．

リリース位置以外の投射条件である初速度と投射角度は変動係数が高く，被験者ごとにバラついており一定していなかった（Table 6）．さらに，初速度と投射角度の関係をみると，全被験者の成功試技において有意な相関関係（r＝0. 43～0. 79）が認められた（Fig. 5）．失敗試技において Subj.A および Subj.D で相関関係が認められなかったのは，試技の中に初速度が小さいにも関わらず投射角度がやや大きい，リングに届かなかった試技があり，それら初速度の調整ができていなかった試技が比較的多くみられたことが影響したものと考えられる．木村ほか[17]は，的を狙った投球時の各投射条件間の協調度について検討しており，状態変数（初速度，投射角度，リリース位置）の組み合わせは無数にあり，ボールが的に命中した時，状態変数がボールの初速度と投射角度およびリリース位置（前後方向と上下方向）の４変数であった場合の変数間の協調度と，状態変数がボールの初速度と投射角度の２変数だけの場合の変数間の協調度では両者に差が無かったことから，熟練者の投球では，投射条件のうちリリース位置を除く初速度と投射角度の２変数が協調関係にあるとしている．本研究における被験者はいずれもリリース位置を一定にしつつ，初速度と投射角度を調節してシュートを成功させていた可能性が考えられる．

Mortimer[8]は，バスケットボールにおいてシュートを放つ際には，投射角度をある一定の幅の中で調節することが重要であるとし，また，岩本ほか[5]も熟練者群の方が未熟練者群に比べて投射角度が安定しており，シュート成功率を高めるためには，投射角度のバラつきを小さくすることが重要であると述べている．一方，渋川[9]や豊島ほか[10]はリングの水平面におけるバラつきを少なくするためには初速度の調節が重要であると述べている．バスケットボールにおいてフリースローシュートを成功させるために，投射角度と初速度のいずれが重要な要因となっているかは明らかになっていないが，本研究のように計100本のシュート試技を行わせた場合，これら試技による複数のボール軌道は，仮に，ボール投射時の投射角度および初速度がともに一定であるならばそれらは一本の曲線として描かれるはずである．しかし，本研究の結果では，Subj.A と Subj.E におけるボールの軌道は投射直後からある程度の幅をもって描かれており，投射角度を調節していることが窺える（Fig. 6）．また，変動係数を比較すると，各被験者ではいずれも初速度よりも投射角度の変動係数の方が高く（Table 6），フリースローシュートを行う際には，試技ごとに投射角度がバラついている可能性が推察される．

また，いずれの被験者においても最高到達高と投射角度の間に有意な相関関係（r＝0. 65～0. 80）が認められたが，最高到達高と初速度との間には Subj.B と Subj.E で弱い相関が認められたのみであった（Table 7）．したがって，本研究の被験者は，最高到達点の高さを調節するために，初速度ではなく投射角度を調節しようとしていた可能性が推察される．直江[18]は最高到達点とリングへの入射角には関係があり，ボールの最高到達点が高くなるとリングへの入射角が大きくなることを示している．また，入射角が大きく

なるほどボールが通過できるリング内の面積が増える[19) 20)]ことを踏まえると，シュートの際のボールの最高到達点はシュートの正確性に関係する重要な要因になることがわかる．さらに，Mortimer[8)]やMullaney[21)]によれば，シュートにおける投射後のボールの最高到達点の位置は，視覚により比較的正確に捉えることができるため，シュートを練習する場合の目安として用いることが有効であるとしている．これらのことから，フリースローシュートを成功させるには，投射後のボールの最高到達点が選手にとっては目安となる重要なパラメータであり，その最高到達高に影響を与える投射角度は重要な投射条件となっていることが考えられる．

2．フリースローシュートにおける投射条件の方略

Fig. 6にみられるように，Subj.Aの試技ではボール軌道の変動幅が小さいのに対して，Subj.EではSubj.Aよりもボール軌道の変動幅が広く最高到達高付近では大きくバラついていた．これらのうち，Subj.Aについては他の被験者に比べて初速度と投射角度の変動係数が低く，投射条件の再現性が高かった（Table 6）．また，Subj.Aは最高到達高と投射角度との間に有意な相関（r＝0. 70）が認められたが，初速度との間には有意な相関関係が認められなかった（Table 7）．つまり，Subj.Aは毎回の試技について投射条件（リリース位置，初速度および投射角度）を変えることなく，投射後のボール軌道を一定にしようとしていた可能性が考えられる．他方，Subj.Eについては初速度と投射角度の変動係数が高く，投射条件のバラつきは比較的大きかった（Table 6）．また，Subj.Eでは最高到達高と投射角度との間（r＝0. 80）だけでなく初速度との間（r＝0. 52）にも有意な相関が認められていた（Table 7）．つまり，Subj.Eは毎回の試技を同じ投射条件で行うのではなく，その都度いずれかの投射条件を変え，それに応じて他の投射条件を調節してシュートを成功させようとしているものと推察される．このように，フリースローシュートを成功させるといった同一の課題に対して，Subj.Aは「再現的方略」[5)]，Subj.Eは「協調的方略」[5)]と異なる投射条件の方略となっていた可能性が推察される．

また，最高到達高の平均値において，Subj.BとSubj.Cが他の被験者に比べて有意に高い値となっており（Fig. 4），投射角度についても他の被験者に比べて高い値となっていた（Table 5）．Subj.BとSubj.Cはいずれも低身長の選手であり（Table 1），これらの被験者では，投射角度を高くし最高到達高が他の被験者よりも高いフリースローシュートを行っていたことがわかる．直江[18)]は，バスケットボールのシュートの最適投射角とボール軌道の最高点について，ボールのゴールへの最適な入射角はシュート位置の距離およびリリース位置の高さに関係なく約40°～45°の範囲にあるとしたうえで，この最適な入射角になるようなシュートであれば，リリース位置が高いほどわずかではあるがボール軌道の最高点がより高くなることを明らかにしている．この報告によれば，リリース位置が低い選手，つまり，本研究のSubj.BやSubj.Cのような低身長の選手が放ったシュートのボール軌道の最高点は高身長の選手のそれらよりも低いことになり，本研究の結果（Fig. 4およびTable 5）とは異なる．本研究の被験者のうちで低身長であったSubj.BとSubj.Cは，他の被験者とは異なる投射条件の方略でフリースローシュートを試みていたとみられるが，そのような方略であってもシュート成功率が格段に低いことは無く（Table 3），方略として劣ることは無いであろう．事例的な結果ではあるものの，低身長の選手ではより高い弧を描く軌道になるような投射条件の方略をもってフリースローシュートを行っている可能性が考えられる．

バスケットボールのフリースローは定められた場所（位置）から位置が固定されているゴールに向かってシュートを打つことになるため，これまでに多くの指導者や様々な教本において同じ場所（位置）から「同じ力で同じ方向に投げる」[22)]ことが基本であるとされ，どのような選手に対してもお手本となるような型が指導されている[23)]．しかし，本研究で示されたように，実際に選手が行っているフリースローシュートの投射初期条件は一様ではなく，選手それぞれでその方略が異なる可能性が示唆された．今後，各選手の特性に合ったシュートの投射条件とはどのようなものか，それらの方略についてどのような練習を行うのが適切か，あるいは，どのような選手にも対応し得るシュート技術について探究していくことが必要であろう．

Ⅴ．総括

本研究では，バスケットボールフリースローの投射条件（リリース位置，初速度，投射角度），および，投射された後のボールの軌道を分析し，それらからフリースローシュートにおける投射条件の方略を明らかにしようとした．本研究で得られた結果は以下の通りである．

（1） 各被験者ともボールのリリース位置はそれぞれ

で一定であった．また，いずれの被験者においてもボールの最高到達高は投射角度との間に正の相関関係が認められ，初速度との関係では一部の選手を除いて有意な相関関係は認められなかったことから，シュートを行う際にはボールの最高到達高に影響を与える投射角度の調節が重要であることが考えられた．

（２）　被験者には，シュート後のボール軌道の変動幅が狭く投射条件の再現性が高かった者と，ボール軌道の変動幅が広く最高到達点近傍でのバラつきが大きいボール軌道で，かつ，投射条件のバラつきがやや大きかった者がみられた．フリースローシュートを行う上で，前者はシュートインとなるある一定の投射角度と初速度の組み合わせになるようにボールの投射条件の再現性を高める方略，後者は試技ごとにボールの投射角度と初速度の投射条件を変え，シュートインとなるようにそれらを調節する方略であった可能性が考えられる．

本研究では，被験者によってフリースローについてのシュート技術が異なっていたことが推察された．ある一定の投射条件でシュートを試みる方略の選手には，試合の状況やコート内外の環境に左右されることなく，常に同じ力で同じ方向にシュートを打つことが要求されることになり，シュートで指向すべき投射条件は特定しやすいであろう．一方，投射角度と初速度の組み合わせを調節してシュートを試みる方略では，投射角度と初速度はその都度異なることになり，指向すべき投射条件が特定できない．選手はそれらの組み合わせをどのように選択しているのか，今後，同一選手における投射条件間の関係に着目して検討していく必要があると考えられる．

〈文　献〉

１）倉島武徳・佐久本智（2011）北海道における大学バスケットボール戦についての一考察．札幌大学総合論業，31，115–130.

２）Jerry West and Billy Libby（1973）Basketball my way．Prentice-hall，Englewood Cliffs，pp.95–99.

３）吉井四郎（1979）バスケットボールのコーチング・基礎技術編．大修館書店：東京，pp.235–237.

４）Jill Hutchison（1989）Coaching girls' basketball successfully．Human Kinetics Publishers Inc.：Champaign，pp.40–41.

５）Latash，M.L. and Zatsiorsky，V.M.（2015）Biomechanics and motor control．Elsevier Inc.:London.

６）岩本良裕・門田嘉人（2004）バスケットボールにおけるフリースローの正確さと投射方向との関係．スポーツ方法学研究，17（１），９–16.

７）塩見哲大・湯浅景元（2002）バスケットボールのフリースローにおけるボール運動および関節運動の再現性．中京大学体育学論叢，44（１），29–34.

８）Mortimer，E.M.（1951）Basketball shooting，Research Quarterly，12，234–243.

９）渋川侃二（1975）バスケットボールシュートに必要な速度条件について．東京教育大学スポーツ研究所報，13，59–64.

10）豊島進太郎・星川保・池上康男（1981）バスケットボールショットの正確さに及ぼすボールの初速度と投射角度の影響．体育学研究，26（３），237–244.

11）Button，C.，Macleod，M.，Sanders，R. and Coleman，S.（2003）Examining movement variability in the basketball free-throw action at different skill levels．Research Quarterly for Exercise and Sport，74（３），257–269.

12）Toyoshima，S. and Hoshikawa，T.（1982）Effects of initial ball velocity and angle of projection on accuracy in basketball shooting．International Series on biomechanics，3B，pp.525–530.

13）元安陽一・栗原俊之・勝亦陽一・金久博昭・倉石平・川上泰雄・福永哲夫・矢内利政（2011）パフォーマンスレベルからみたバスケットボールのフリースローにおけるボール到達位置．スポーツ科学研究，８，155–165.

14）Hudson，J.（1982）A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball．International Symposium of Biomechanics in Sports，95–102.

15）Hudson，J.（1985）Prediction of basketball skill using biomechanics variables．Research Quarterly for Exercise and Sport，56（２），115–121.

16）渡辺一志・嶋田出雲・一井博・天田英彦，岡田隆造（1988）バスケットボール競技におけるフリースローパフォーマンスの差異からみた意識と失敗例の分析．大阪市立大学保健体育学研究紀要，24，13–16.

17）木村嘉志・西井淳（2012）投球動作の習熟に伴うシナジー変化．電子情報通信学会，信学技報，35，115–120.

18）直江勇（1980）バスケットボール・ショットの最適投射角と最高点の位置について．福島大学教育学部論集教育・心理，32（２），113–122.

19）Dave Mullaney（1957）Free Throw Technique．Athletic Journal，53–54.

20）Miller S.，and Bartlett R.M.（1993）The effects of increased shooting distance in the basketball shot．Journal of Sports Sciences，11，285–293.

21）James Hay（Eds.）（2011）スポーツ技術のバイオメカニクス．植屋清見総監修，pp.212–234.

22）Pete Newell and John Benington（1962）Basketball methods．Romald Press Company：New York，pp.135–136.

23）Stiehler.G，Konzag.I，Dobler.H（Eds.）（1993）ボールゲーム指導事典．唐木國彦監訳，大修館書店：東京，pp.170–173.

（2019年１月17日受付
2019年６月12日受理）